

25 NOV. 2004

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 10 DEC 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 55 953.1

**Anmeldetag:**

29. November 2003

**Anmelder/Inhaber:**Infineon Technologies AG,  
81669 München/DE**Bezeichnung:**Verfahren zum Galvanisieren und Kontakt-  
vorsprungsanordnung**IPC:**

H 01 L 21/288

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**München, den 14. Oktober 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag**Schmidt C.**

Beschreibung

Verfahren zum Galvanisieren und Kontaktvorsprungsanordnung

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Galvanisieren, bei dem die folgenden Schritte ausgeführt werden:

- Aufbringen einer elektrisch leitfähigen Grundsicht auf ein Substrat,
- Aufbringen einer im Vergleich zu der Grundsicht besser elektrisch leitenden Hilfsschicht nach dem Aufbringen der Grundsicht,
- 10 - Aufbringen einer Maskenschicht nach dem Aufbringen der Hilfsschicht, z.B. einer Resistschicht,
- Erzeugen einer Maske mit mindestens einer Maskenöffnung aus der Maskenschicht,
- 15 - Galvanisieren einer Schicht in der Maskenöffnung.

Das Substrat ist beispielsweise ein Halbleitersubstrat mit einer Metallisierungslage oder mit mehreren Metallisierungslagen. Häufig werden Silizium-Halbleitersubstrate eingesetzt. Die Metallisierung enthält beispielsweise mehr als achtzig Atomprozent Aluminium oder mehr als achtzig Atomprozent Kupfer.

Die elektrisch leitfähige Grundsicht ist bspw. eine Haftvermittlungsschicht zur Erhöhung der mechanischen Haftung und/oder eine Diffusionsbarriereschicht zur Verhinderung der Diffusion. Beispielsweise werden Titannitridschichten als Kupferbarriereschichten verwendet. Im Zusammenhang mit einem Kontaktvorsprung wird die Grundsicht und Hilfsschicht in der Fachsprache auch als "Under Bump Metallization" (UBM) bezeichnet.

Kupfer ist ein sehr preiswertes Material mit einer hohen elektrischen Leitfähigkeit. Somit eignet sich eine Kupferschicht gut zum Heranführen des Stromes beim Galvanisieren.

Deshalb ist Kupfer ein Material, das Häufig als Material für die Hilfsschicht eingesetzt wird.

5 Die Maskenschicht ist bspw. eine Resistschicht, die mit einem fotolithografischen Verfahren strukturiert wird. In der Maskenöffnung wird bspw. ein Kontaktvorsprung aus einem lötfähigen Material galvanisch abgeschieden, der in der Fachsprache auch als "Lötbump" bezeichnet wird. Als Lötmaterial werden bspw. Zinnlegierungen verwendet, insbesondere Zinn-Blei-  
10 Legierungen oder umweltverträglichere Zinn-Silber-Legierungen.

Die Grundsicht, die Hilfsschicht und die Maskenschicht werden vorzugsweise ganzflächig aufgebracht. Die Grundsicht  
15 und die Hilfsschicht werden bspw. aufgesputtert.

Beim Galvanisieren wird das zu beschichtende Substrat in ein Elektrolytbad eingetaucht und als Kathode geschaltet. Auf Grund der durch die Spannung hervorgerufenen elektrochemi-  
20 schen Vorgänge scheidet sich Material - die sog. Kationen - aus dem Elektrolyten auf dem Substrat ab. Optionale Zusätze im Elektrolytbad ermöglichen die gezielte Beeinflussung bestimmter Eigenschaften der abgeschiedenen Schicht.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren zum Galvanisieren anzugeben, mit dem sich insbesondere Kontaktvorsprünge mit guten mechanischen und elektrischen Eigenschaften Herstellen lassen. Außerdem soll ein Kontaktvorsprung angegeben werden, der gute mechanische und elektrische  
30 Eigenschaften besitzt.

Die auf das Verfahren bezogene Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Verfahrensschritten gelöst. Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.  
35

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden zusätzlich zu den eingangs genannten Verfahrensschritten die folgenden Schritte ausgeführt:

- Strukturieren der Hilfsschicht unter Verwendung der Maske  
5 bzw. Resistmaske, wobei die Grundsicht nicht oder nicht vollständig gemäß der Resistmaske strukturiert wird,
- Galvanisieren einer Schicht in der Resistöffnung nach dem Strukturieren der Hilfsschicht.

- 10 Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass die Hilfsschicht einerseits für ein schnelles Galvanisieren mit homogenem Schichtwachstum erforderlich ist. Andererseits sind Reste der Hilfsschicht unter der abgeschiedenen Schicht oft störend, bspw. hinsichtlich von Korrosion oder hinsichtlich
- 15 der Bildung bestimmter Grenzflächen. Deshalb wird die Hilfsschicht bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einer ohnehin für das Festlegen des Galvanisierungsgebietes erforderlichen Maske unterhalb einer Resistöffnung entfernt. Dabei wird jedoch die Grundsicht unterhalb der Resistöffnung nicht mit
- 20 entfernt. Die Grundsicht ist ebenfalls elektrisch leitfähig und damit zum Stromtransport beim Galvanisieren geeignet.

- Die geringere Stromtragfähigkeit der Grundsicht fällt nicht so stark ins Gewicht, da die Hilfsschicht bis an die Maskenöffnung heran vorhanden ist und zum Stromtransport genutzt wird. In dem im Vergleich zur Substratoberfläche vergleichsweise kleinen Galvanisierungsgebiet wird die Stromtragfähigkeit mit zunehmender Dicke der abgeschiedenen Schicht erhöht. Bspw. hat das Galvanisierungsgebiet eine Fläche kleiner 40
- 30 Prozent oder kleiner 20 Prozent der Substratoberfläche.

- Durch das erfindungsgemäße Verfahren lassen sich neue Schichtfolgen galvanisch abscheiden, weil Beschränkungen durch die Hilfsschicht umgangen werden. Damit lassen sich
- 35 insbesondere Kontaktvorsprünge mit guten elektrischen Eigenschaften, insbesondere mit hoher Beständigkeit gegen Elektromigration, und mit einer hohen mechanischen Haftung herstel-

len. Die Kontaktvorsprünge sind insbesondere für die Flip-Chip-Technik bzw. für die Plättchenschnellmontagetechnik geeignet, bei der eine Vielzahl von Verbindungen gleichzeitig durch Löten, durch Mikroschweißen oder durch Kleben mit Leitleb-  
5 klebstoff oder mit Leitleck hergestellt werden.

Bei einer Weiterbildung werden die folgenden Schritte ausgeführt:

10 - Galvanisieren mit einer Anfangs-Stromdichte in einer Anfangsphase,

- Galvanisieren mit einer im Vergleich zu der Stromdichte während der Anfangsphase höheren Haupt-Stromdichte in einer der Anfangsphase folgenden Hauptphase.

15 Durch diese Vorgehensweise wird der geringeren Stromtragfähigkeit der Grundsicht Rechnung getragen, weil in der Anfangsphase mit einer vergleichsweise geringen Stromdichte eine Schicht mit einer größeren elektrischen Leitfähigkeit als die Grundsicht am Boden der die Hilfsschicht durchdringenden Öffnungen abgeschieden wird. Erst wenn diese Schicht  
20 bspw. eine der Dicke der Hilfsschicht entsprechende Leitfähigkeit (z.B. größere Schichtdicke) besitzt, d.h. die Hilfsschicht ist mit einem anderen Material wieder "repariert" worden, wird die Stromdichte auf den hohen Wert erhöht, um schnell zu Galvanisieren.

Bei einer Weiterbildung beträgt die Stromdichte in der Anfangsphase weniger als 50 Prozent der Stromdichte in der Hauptphase. Die Anfangsphase ist länger als fünf Sekunden und kürzer als fünf Minuten. Der Übergang von der Anfangsphase  
30 zur Hauptphase erfolgt bei einer Ausgestaltung mit gleichmäßigem Stromanstieg über die Zeit. Bei einer anderen Ausgestaltung wird gemäß einer Stufenfolge die Stromdichte mehrfach erhöht, wobei zwischenzeitlich gleich bleibende Stromdichten verwendet werden. Auch eine Überlagerung dieser Stromdichtefunktionen mit Stromimpulsen wird durchgeführt.  
35

Bei einer Weiterbildung ist die Stromdichte in der Hauptphase größer als 0,2 Ampere pro Quadratdezimeter und kleiner als 10 Ampere pro Quadratdezimeter (ASD Ampere per square decimeter), bspw. bei  $0,5 \text{ A/cm}^{-2}$ . Die genannten Stromdichtewerte  
5 beziehen sich auf die geöffnete Resistfläche auf der Waferoberfläche.

Bei einer nächsten Weiterbildung werden die folgenden Schritte ausgeführt:

- Aufbringen einer Isolierschicht vor dem Aufbringen der  
10 Grundschrift,
  - Strukturieren der Isolierschicht unter Erzeugen einer Kontaktöffnung vor dem Aufbringen der Grundschrift.
- Die Isolierschicht ist im Fall eines Kontaktvorsprungs bspw. eine Passivierungsschicht die bspw. eine Siliziumoxidschicht  
15 und/oder eine Siliziumnitridschicht enthält. Die Kontaktöffnung liegt unterhalb der Maskenöffnung für das Galvanisieren. Wird die Maskenöffnung etwas breiter gewählt als die Kontaktöffnung, so ist das Entfernen der Reste der bereits vorstrukturierten Hilfsschicht und der außerhalb der zu erzeugenden  
20 Anordnung liegenden Teile der Grundschrift erleichtert, da die Isolierschicht als Ätzstoppschicht genutzt wird.

Bei einer nächsten Weiterbildung ist die Grundschrift eine Barrierschicht gegen Kupferdiffusion. Die Hilfsschicht enthält Kupfer oder besteht aus Kupfer und ist somit zum Zuführen des Galvanisierungsstroms besonders gut geeignet. Jedoch ist Kupfer auch ein Material, dass bei Feuchtigkeit besonders korrosiv ist, da besonders leicht Mischoxide entstehen, die auch als Grünspan bezeichnet werden. Diese Mischoxide verringern die Haftung der Schichten in der zu erzeugenden Anordnung erheblich. Auch die Stromleitfähigkeit während des Betriebs der integrierten Schaltungsanordnung würde somit erheblich verringert werden. Da die Hilfsschicht vollständig entfernt wird, insbesondere in dem Bereich, in dem die  
30 Schicht galvanisch abgeschieden wird bzw. in dem die Schichten galvanisch abgeschieden werden, kommen diese Nachteile nicht zum Tragen, insbesondere wenn die Anordnung auch im

Übrigen kupferfrei ist. Insbesondere sind auch keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich, um kupferhaltige Schichten einzukapseln und so vor Feuchtigkeit zu schützen.

5 Bei einer anderen Weiterbildung werden die folgenden Schritte durchgeführt:

- Galvanisieren einer Sockelschicht,
- Galvanisieren einer Deckschicht nach dem Galvanisieren der Sockelschicht, wobei die Sockelschicht aus einem anderen

10 Material besteht als die Deckschicht.

Somit wird ein Schichtstapel abgeschieden, der es erlaubt Kombinationswirkungen zu erzielen, bspw. die Bildung bestimmter Verbindungen bei einem nachfolgenden Reflowprozess oder die Verbesserung von mechanischen Eigenschaften der zu erzeugenden Anordnung.

15

Bei einer Weiterbildung hat das Material der Sockelschicht einen Schmelzpunkt größer 500 Grad Celsius und ist damit lötbeständig. Das Material der Deckschicht hat einen Schmelz-

20

punkt kleiner 400 Grad Celsius und ist damit lötfähig. Die Erfindung betrifft außerdem eine Kontaktvorsprungsanordnung, die auch als Lötbump bezeichnet wird. Der Lötbump enthält in der folgenden Reihenfolge mit zunehmenden Abstand zu einem Substrat eines integrierten Schaltkreises:

- eine elektrisch leitfähige Leitbahn zum lateralen Stromtransport oder eine Anschlussplatte, die auch als Anschlusspad bezeichnet wird und zum vertikalen Stromtransport dient, d.h. in einer Richtung genau entgegen zu einer Normalenrichtung einer Substrathauptfläche,

30 - eine elektrisch leitfähige Grundsicht, insbesondere eine Haftvermittlungs- und Barrierenschicht,

- angrenzend an die Grundsicht eine kupferfreie Sockelschicht aus einem Material mit einer Schmelztemperatur größer 500 Grad Celsius,

35 - vorzugsweise angrenzend an die Sockelschicht eine elektrisch leitfähige Lotmaterialsicht mit einem Schmelzpunkt kleiner 400 Grad Celsius.

Die erfindungsgemäße Kontaktvorsprungsanordnung lässt sich besonders gut mit dem erfindungsgemäßen Verfahren oder einer seiner Weiterbildungen herstellen. Insbesondere kann eine  
5 kupferfreie Kontaktvorsprungsanordnung unter Verwendung einer Kupferhilfsschicht beim Galvanisieren hergestellt werden.

Bei einer Weiterbildung enthält die Sockelschicht mindestens 60 Atomprozent Nickel. Bspw. besteht die Sockelschicht aus  
10 Nickel, Nickelphosphor oder Nickelchrom. Nickel bildet mit dem Lotmaterial, z.B. dem Zinn-Silber in einer Grenzschicht eine ternäre bzw. Dreifach-Verbindung, wobei die Dicke der Grenzschicht durch Selbstregulierung beim Bilden der ternären Verbindungen begrenzt wird. Zusätzliche Maßnahmen zum Festle-  
15 gen der Dicke der Grenzschicht sind also nicht erforderlich. Die Grenzschicht bildet eine wirksame Barriere gegen Elektromigration und erhöht andererseits den elektrischen Widerstand nur in einem noch hinnehmbaren Maß. Die ternären Verbindungen bauen bspw. als intermetallische Phasen ein kompliziertes  
20 Raumgitter auf.

Die Leitbahn bzw. die Anschlussplatte besteht bei einer Weiterbildung aus mindestens 80 Atomprozent Aluminium. Alternativ wird jedoch Kupfer als Bestandteil eingesetzt, dessen Anteil bei mehr als 50 Atomprozent liegt.

Bei einer Weiterbildung bildet die Grundsicht eine Diffusionssperre für Kupfer, so dass das Kupfer der Hilfsschicht nicht in die Leitbahn dringt. Bei einer Weiterbildung besteht  
30 die Grundsicht aus Titanwolfram bzw. enthält Titanwolfram, wobei der Titananteil vorzugsweise kleiner als 20 Atomprozent ist. Die Barrieren- und Haftungseigenschaften dieser Schicht sind besonders gut. Jedoch sind auch andere Materialien geeignet, wie Titan, Tantal, Titannitrid oder Tantalnitrid und  
35 weiterhin sind auch Schichtkombinationen dieser Materialien möglich, z.B. eine Schichtfolge aus einer Titanschicht, einer Titanwolframschicht und einer Titanschicht.



Grenzt die Grundsicht an die Leitbahn an, so befinden sich keine weiteren Schichten zwischen der Grundsicht und der Leitbahn, so das die Kontaktvorsprungsanordnung einen einfachen Aufbau hat. Insbesondere liegt zwischen der Leitbahn und der Grundsicht keine kupferhaltige Schicht, die vor Korrosion geschützt werden müsste.

Im Folgenden wird die Erfindung an Hand der beiliegenden Figuren erläutert. Darin zeigen:  
Figuren 1A bis 1B Herstellungsstufen bei der Herstellung eines Lötbumps, und  
Figur 2 eine Draufsicht auf den Lötbump nach dem Abscheiden eines Nickelsockels und vor dem Abscheiden von Lotmaterial.

Figuren 1A bis 1B zeigen Herstellungsstufen bei der Herstellung eines Lötbumps 10. Das Verfahren beginnt ausgehend von einem Substrat 12, das z.B. mehrere nicht dargestellte Metallisierungslagen und einen Hauptkörper aus Silizium enthält. Die Metallisierungslagen enthalten jeweils eine Vielzahl von Leitbahnen und Vias, die innerhalb einer Metallisierungslage durch ein Intralagendielektrikum und zwischen benachbarten Metallisierungslagen durch ein Interlagendielektrikum isoliert sind. Auf dem Hauptkörper aus Silizium sind eine Vielzahl von Halbleiterbauelementen ausgebildet, z.B. Feldeffekttransistoren einer Speicherschaltung oder eines Prozessors.

Wie in Figur 1A dargestellt, wird auf das Substrat 12 eine obere Aluminiumschicht 14 aufgebracht und unter Verwendung eines fotolithografischen Verfahrens strukturiert, wobei ein Anschlusspad 16 erzeugt wird. Die Aluminiumschicht 14 und auch das Anschlusspad 16 haben bspw. eine Dicke im Bereich von 500 Nanometern bis zu zwei Mikrometer, im Ausführungsbeispiel von 500 Nanometern. Das Anschlusspad 16 hat bspw. eine rechteckige oder quadratische Grundfläche. Im Ausführungsbeispiel ist die Grundfläche achteckig, wobei der Abstand zweier

einander gegenüberliegender Seiten des Sechsecks etwa 80 Mikrometer beträgt. Die Aluminiumschicht 14 enthält nur geringe Zusätze kleiner als 5 Atomprozent, bspw. 0,5 Atomprozent Silizium, und ggf. einen Kupferzusatz, z.B. 1 Atomprozent.

10 Nach dem Strukturieren der Aluminiumschicht 14 wird eine Passivierungsschicht 18 abgeschieden. Die Passivierungsschicht 18 hat bspw. eine Schichtdicke im Bereich von 500 Nanometern bis zu einem Mikrometer, im Ausführungsbeispiel von 500 Nanometern. Die Passivierungsschicht 18 enthält bspw. eine Oxidschicht und eine darüber liegende Nitridschicht. Mit Hilfe eines fotolithografischen Verfahrens werden in die Passivierungsschicht 18 für Lötbumps eine Vielzahl von Aussparungen eingebracht, von denen in Figur 1A eine Aussparung 20 dargestellt ist. Die Aussparung 20 ist bspw. ebenfalls achteckig, hat jedoch einen kleineren Durchmesser als das Anschlusspad 16. Im Ausführungsbeispiel beträgt der Durchmesser der Aussparung 20 etwa 60 Mikrometer.

20 Nach dem Erzeugen der Aussparung 20 wird ganzflächig eine Titan-Wolfram-Barriereschicht 22 aufgebracht, deren Schichtdicke bspw. im Bereich von 100 Nanometern bis zu 200 Nanometern liegt. Im Ausführungsbeispiel hat die Barriereschicht 22 eine Schichtdicke von 100 Nanometern. Die Barriereschicht 22 enthält bspw. mehr als 80 Atomprozent Wolfram. Im Ausführungsbeispiel beträgt der Wolframanteil 90 Atomprozent und der Titananteil 10 Atomprozent. Die Barriereschicht 22 wird bspw. aufgesputtert.

30 Nach dem Aufbringen der Barriereschicht 22 wird ganzflächig eine Kupferschicht 24 aus reinem Kupfer aufgebracht, z.B. mit einem Kupferanteil größer als 98 Atomprozent. Die Dicke der Kupferschicht 24 liegt bspw. im Bereich von 80 Nanometern bis 35 150 Nanometern. Im Ausführungsbeispiel hat die Kupferschicht 24 eine Dicke von 100 Nanometern. Beispielsweise wird die Kupferschicht 24 aufgesputtert.

Wie weiter in Figur 1A dargestellt ist, wird anschließend auf die Kupferschicht 24 eine Resistschicht 26 aufgebracht, z.B. mit einer Schichtdicke von 100 Mikrometern. Die Resistschicht 26 wird belichtet und entwickelt, wobei oberhalb der Aussparung 20 eine Aussparung 28 entsteht. Die Aussparung 28 ist ebenfalls achteckig, hat jedoch einen etwas größeren Durchmesser als die Aussparung 20. Der Durchmesser der Aussparung 28 beträgt im Ausführungsbeispiel 80 Mikrometer. Die Aussparungen 20 und 28 liegen konzentrisch zueinander.

Wie weiter in Figur 1A durch eine gestrichelte Linie 30 dargestellt ist, wird nach dem Entwickeln der Resistschicht 26 das Kupfer am Boden der Aussparung 28 entfernt durch Strukturieren der Kupferschicht 24 gemäß der durch die Resistschicht 26 gebildeten Maske. Es wird bspw. nasschemisch geätzt, wobei Unterätzungen 32 der Kupferschicht 32 unkritisch sind, wie im Folgenden noch näher erläutert wird. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel werden die Unterätzungen auf Grund einer Optimierung der Ätzung gering gehalten und betragen weniger als 2 Mikrometer.

Wie in Figur 1B gezeigt, wird anschließend ein Nickelsockel 50 galvanisch abgeschieden, wobei außerhalb der Aussparung 28 die Kupferschicht 24 maßgeblich zur Stromführung dient. Nur am Boden der Aussparung 28 dient die Barrierschicht 20 maßgeblich zur Stromzuführung, insbesondere am Anfang des Galvanisierens. Bspw. wird gemäß der oben angegebenen Galvanisierverfahren zunächst nur mit einer geringen Stromdichte vergleichsweise langsam galvanisiert. Hat dann der Nickelsockel 50 eine Schichtdicke wie die Kupferschicht 24, d.h. im Ausführungsbeispiel eine Schichtdicke von 100 Nanometern, so wird allmählich oder stufenweise auf eine höhere Stromdichte für eine schnelleres Galvanisieren umgeschaltet. Der Nickelsockel 50 wird bspw. mit einer Schichtdicke von zwei Mikrometern bis fünf Mikrometern abgeschieden. Im Ausführungsbei-

spiel beträgt die Schichtdicke des Nickelsockels drei Mikrometer.

5 Beim Abscheiden des Nickelsockels 50 stören die Unterätzungen 32 bzw. diese Hohlräume nicht, weil eventuelle Abscheidungen in diesem Bereich keine negativen Auswirkungen auf die Funktionalität des Kontaktvorsprungs haben.

10 Wie weiter in Figur 1B gezeigt, wird anschließend Lotmaterial 52 galvanisch abgeschieden, wobei gleich zu Beginn eine hohe Stromdichte verwendet wird. Das Lotmaterial ist im Ausführungsbeispiel eine Zinn-Silber-Legierung, die mit einer Schichtdicke im Bereich von 50 bis 120 Mikrometern abgeschieden wird. Im Ausführungsbeispiel hat das Lotmaterial 52 eine  
15 Schichtdicke von 90 Mikrometern.

Die galvanischen Abscheidungen des Nickelsockels 50 und des Lötmaterials 52 sind konform. Eine Kante 54 der Aussparung 20 wird als Kante 56 am Nickelsockel 50 und als Kante 58 am  
20 Lotmaterial 52 abgebildet.

Figur 1C zeigt, dass nach dem Abscheiden des Lotmaterials 52 die Resistschicht 26 wieder entfernt wird, so dass der Löt-bump 10 frei liegt. Nasschemisch oder trockenchemisch werden anschließend die Reste der Kupferschicht 24 von der Barrierschicht 22 entfernt. Danach aber gegebenenfalls mit dem gleichen Ätzverfahren wird die Barrierschicht 22 in Bereichen entfernt, die nicht vom Nickelsockel 50 bedeckt sind. Es entsteht ein Barrierschichtbereich 22a zwischen dem Nickelsockel 50 und dem Anschlusspad 16. Der Barrierschichtbereich 22a ragt über die Aussparung 20 hinaus und liegt auf der Passivierungsschicht 18 in der Nachbarschaft der Aussparung 22a auf, bspw. in einer Nachbarschaft kleiner als 15 Mikrometer. Weiter entfernt von der Aussparung 20 wurde die Barrierschicht 22 dagegen entfernt.  
30  
35

Mit Hinblick auf das Entfernen der Kupferschicht 24 und der Barrierschicht 22 werden möglichst kleine Schichtdicken für die Kupferschicht 24 und für die Barrierschicht 22 gewählt, ohne jedoch deren eigentliche Stromzufuhrfunktion bzw. Barrierefunktion zu stark zu beeinträchtigen.

Der Lötbump 10 wird anschließend in einem Reflow-Schritt kurzzeitig auf eine Temperatur von bspw. 400 Grad Celsius erwärmt, wobei sich das Lotmaterial 52 kugelförmig umformt.

10 An der Grenze 70 von Nickelsockel und Lotmaterial bildet sich eine dünne Grenzschicht, die u.a. die ternäre Legierung Zinn-Nickel-Silber enthält.

Figur 2 zeigt eine Draufsicht auf den Lötbump 10 nach dem Abscheiden des Nickelsockels 50 und vor dem Abscheiden des Lotmaterials 52. Die Draufsicht wurde ursprünglich fotografiert, wobei die Resistschicht 26 vorher entfernt worden ist. Gut zu erkennen ist das achteckige Anschlusspad 16, das bspw. an eine Leitbahn 80 einer Umverdrahtungsebene angrenzt. Die Titanwolfram-Barrierschicht 22 liegt im Bereich der Unterätzungen 32 frei, die bspw. in Umfangsrichtung eine Breite B1 von bis zu 10 Mikrometern haben.

Der Nickelsockel 50 wird durch die Aussparung 28 begrenzt und hat einen Durchmesser D von 80 Mikrometern. Gut zu erkennen ist auch die Kante 56 des Nickelsockels 50.

Zusammenfassend gilt, dass die Hilfsschicht, insbesondere die Kupferschicht, in den Kontaktfenstern selektiv entfernt wird, insbesondere durch nasschemisches oder galvanisches Rückätzen, was auch als Deplating bezeichnet wird. Beim galvanischen Rückätzen wird das Substrat als Anode geschaltet, von der Material abgetragen wird. Der rückgearbeitete Bereich wird anschließend durch eine elektrochemische Abscheidung, z.B. eine Nickelabscheidung, wieder aufgebaut. Somit liegen insbesondere kupferfreie Grenzflächen unter den Lötbumps vor. Es ergeben sich die folgenden technischen Wirkungen:

- starke störende metallische Phasenbildungen, z.B. von Kupfer und Zinn, treten nicht mehr auf,
- nach dem Lackentfernen kann somit unter Umständen die UBM (Under Bump Metallization) in einem einzigen Ätzschritt entfernt werden. Diese Ätzung ist auf das Entfernen der Barriere, z.B. Titan oder Titanwolfram, optimiert. Die Hilfsschicht und die Barrierschicht werden vorzugsweise in derselben Ätzkammer entfernt, insbesondere mit der gleichen Ätzchemikalie bzw. Ätzchemikalienzusammensetzung.
- die Unterätzung des Lötbumps ist minimiert.
- zum Entfernen der Hilfsschicht in den Kontaktfenstern lässt sich auch dieselbe Elektroplating Anlage einsetzen wie beim Abscheiden innerhalb der Maskenöffnung ohne dass das Substrat zwischenzeitlich aus der Anlage genommen wird,
- ein Plating, bspw. ein Nickelplating, direkt auf die Barrierschicht wird möglich,

Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet sind Hochfrequenzschaltungen und Gehäuse mit mehr als 100 Anschlüssen, die gemäß der Flip-Chip-Technik montiert werden. Vor dem elektrochemischen Abscheiden von Lotkugeln bzw. Lötbumps werden als ganzflächige Elektrode auf dem Wafer eine Metallbarriere, z.B. eine Titanschicht oder eine Titanwolframschicht, und eine Hilfsschicht aufgebracht, z.B. eine Kupferschicht. Diese beiden Schichten können als UBM (Under Bump Metallization) angesehen werden und sind bspw. durch Magnetronspattern oder Elektronenstrahldampfen aufgebracht.

Die Barrierschicht verhindert metallische Interdiffusion vom Lotmaterial in die Leitbahnen auf dem Wafer. Die Hilfsschicht dient als stromtragende Kontaktierungsschicht für den Elektroplating-Prozess.

Nach der Lithografie stehen geöffnete Lack-Kontaktfenster bereit zum Auffüllen mit Bump-Metallisierungen. Der Elektroplating-Prozess beginnt mit einem Benetzungs- bzw. Prewetting-Schritt zum gleichmäßigen Benetzen der Kontakte mit dem

Elektrolyten. Als erste Metallschicht soll bspw. Nickel aufwachsen, z.B. ein sogenannter Stud mit 2 bis 5 Mikrometern Dicke oder mit einer Dicke im Bereich von 5 Mikrometern bis 100 Mikrometern, insbesondere mit einer Dicke größer 40 Mikrometern. Es folgt das Abscheiden der Lot-Metallisierung mit Dicken von bis zu 50 Mikrometern oder bis zu 150 Mikrometern.

Nach dem Lackentfernen müssen die Barrierschicht und die Hilfsschicht wieder entfernt werden. Hier kommen nasschemische Verfahren zum Einsatz. Beim Nassätzen entstehen durch die erläuterte Vorgehensweise keine unerwünschten Unterätzungen und keine Korrosion, so dass die Lotkugel weiterhin gut an der Waferoberfläche haftet.

Insbesondere bei Hilfsschichten aus Kupfer werden die Bildung von starken intermetallischen Phasen von Kupfer mit Zinn und das damit verbundene vollständige Auflösen von Kupfer im Zinn-Silber-Lot sowie die Bildung von Poren an der Grenzflächen zur Barriere vermieden. Ein Ablösen der Bumps und ein Ausfall des Systems werden wirksam verhindert.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Galvanisieren,  
mit den Schritten:

- 5 Aufbringen einer elektrisch leitfähigen Grundschrift (22) auf ein Substrat (12),  
Aufbringen einer im Vergleich zu der Grundschrift (22) besser elektrisch leitenden Hilfsschicht (24) nach dem Aufbringen der Grundschrift (22),  
10 Aufbringen einer Maskenschicht (26) nach dem Aufbringen der Hilfsschicht (24),  
Erzeugen einer Maske mit mindestens einer Maskenöffnung (28) aus der Maskenschicht (26),  
Strukturieren der Hilfsschicht (24) unter Verwendung der  
15 Maske, wobei die Grundschrift (22) nicht oder nicht vollständig gemäß der Maske strukturiert wird,  
Galvanisieren mindestens einer Schicht (50, 52) in der Maskenöffnung (28) nach dem Strukturieren der Hilfsschicht (24).

- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h n e t durch die Schritte:

Galvanisieren mit einer Stromdichte in einer Anfangsphase,  
Galvanisieren mit einer im Vergleich zu der Stromdichte während der Anfangsphase höheren Stromdichte in einer der Anfangsphase folgenden Hauptphase.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Stromdichte in der Anfangsphase einen Wert kleiner als 50 Prozent der Stromdichte in  
30 der Hauptphase hat,  
und/oder dass die Anfangsphase länger als fünf Sekunden und/oder kürzer als fünf Minuten ist,  
und/oder dass die Stromdichte in der Hauptphase größer als 0,2 Ampere pro Quadratdezimeter und/oder kleiner als 10 Ampe-  
35 re pro Quadratdezimeter ist.



4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Schritte:  
Aufbringen einer Isolierschicht (18) vor dem Aufbringen der Grundschrift (22),
- 5 Strukturieren der Isolierschicht (18) unter Erzeugen einer Kontaktöffnung (20) vor dem Aufbringen der Grundschrift (22), und vorzugsweise Aufbringen eines Teils der Grundschrift (22) in der Kontaktöffnung (20).
- 10 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundschrift (22) eine Barrierschicht gegen Kupferdiffusion ist, und dass die Hilfsschicht (24) Kupfer enthält oder aus Kupfer besteht.
- 15 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Schritte:  
Galvanisieren einer Sockelschicht (50),  
Galvanisieren einer Deckschicht (52) nach dem Galvanisieren
- 20 der Sockelschicht (50), wobei die Sockelschicht (50) aus einem anderen Material besteht als die Deckschicht (52).
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Sockelschicht (50) einen Schmelzpunkt größer 500 Grad Celsius hat, und dass das Material der Deckschicht (52) einen Schmelzpunkt kleiner 400 Grad Celsius hat.
- 30 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Strukturieren der Hilfsschicht mit einem galvanischen Verfahren durchgeführt wird, vorzugsweise in derselben Anlage wie das Galvanisieren der Schicht (50, 52) in der Maskenöffnung (28).
- 35 9. Kontaktvorsprungsanordnung (10), die in der folgenden Reihenfolge mit zunehmenden Abstand zu einem Substrat (12) eines integrierten Schaltkreises enthält:

eine elektrisch leitfähige Leitbahn (16) oder Anschlussplatte,

eine elektrisch leitfähige Grundschrift (22),

angrenzend an die Grundschrift (22) eine kupferfreie Sockel-

5 schicht (50) aus einem Material mit einer Schmelztemperatur größer 500 Grad Celsius,

eine elektrisch leitfähige Lotmaterialschrift (52) mit einem Schmelzpunkt kleiner 400 Grad Celsius.

10 10. Kontaktvorsprungsanordnung (10) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Sockelschrift (50) aus Nickel oder Nickelphosphor besteht, oder mindestens 60 Atomprozent Nickel enthält.

15 11. Kontaktvorsprungsanordnung (10) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass an der Grenze zwischen Sockelschrift (50) und Lotmaterialschrift (52) eine Grenzschicht aus binären oder mehrphasigen Verbindungen vorhanden ist, insbesondere aus einer ternären Verbindung.

20 12. Kontaktvorsprungsanordnung (10) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitbahn (16) oder die Anschlussplatte mindestens 80 Atomprozent Aluminium enthält, oder dass die Leitbahn (16) oder die Anschlussplatte mehr als 50 Atomprozent Kupfer enthält, und/oder dass die Lotmaterialschrift (52) aus einer Zinnlegierung besteht, insbesondere aus einer Zinn-Silber-Legierung oder einer Zinn-Blei-Legierung oder einer Zinn-Silber-Kupfer-Legierung oder einer Zinn-Silber-Wismut-Legierung, oder eine  
30 Zinnlegierung enthält, insbesondere eine Zinn-Silber-Legierung oder eine Zinn-Blei-Legierung oder eine Zinn-Silber-Kupfer-Legierung oder eine Zinn-Silber-Wismut-Legierung,  
und/oder dass die Grundschrift (22) eine Diffusionssperre für  
35 Kupfer bildet,

und/oder dass die Grundschrift (22) aus Titanwolfram besteht oder Titanwolfram enthält, wobei der Titananteil vorzugsweise kleiner als 20 Atomprozent ist,

5 und/oder dass die Grundschrift einen Schichtstapel aus mehreren Teilschichten enthält, wobei der Schichtstapel mindestens eine der folgenden Schichten enthält, eine Titanschicht, eine Tantalschicht, eine Titannitridschicht, eine Tantalnitridschicht, eine Wolframschicht, eine Titanwolframschicht oder eine Titanwolframnitridschicht.

10

13. Kontaktvorsprungsanordnung (10) nach einem der Ansprüche 9 bis 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Grundschrift (22) an die Leitbahn (16) oder die Anschlussplatte angrenzt,

15 und/oder dass die Sockelschicht (50) an die Lotmaterialschicht (52) angrenzt.

14. Kontaktvorsprungsanordnung (10) nach einem der Ansprüche 9 bis 13, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h eine elektrisch  
20 isolierende Schicht (18) mit einer Aussparung (20), in der zumindest eine Teil der Grundschrift (22) und ein Teil der Sockelschicht (50) angeordnet sind.

Zusammenfassung

Verfahren zum Galvanisieren und Kontaktvorsprungsanordnung

- 5 Erläutert wird unter anderem ein Verfahren zum Galvanisieren, bei dem bspw. eine Kupferschicht (24) unter Verwendung eines Resists (26) strukturiert wird. Eine unter der Kupferschicht (24) liegende Barrierschicht (22) wird in Bereichen ohne Kupferschicht zum Heranführen des Galvanisierungsstroms verwendet.
- 10 wendet. Mit dem Verfahren lassen sich Lötbumps hoher Qualität herstellen.

(Figur 1A)

## Bezugszeichenliste

	10	Lötbump
	12	Substrat
5	14	Aluminiumschicht
	16	Anschlusspad
	18	Passivierungsschicht
	20	Aussparung
	22	Barriereschicht
10	22a	Barriereschichtbereich
	24	Kupferschicht
	26	Resistschicht
	28	Aussparung
	30	gestrichelte Linie
15	32	Unterätzung
	50	Nickelsockel
	52	Lotmaterial
	54 bis 58	Kante
	70	Grenze
20	80	Leitbahn
	B1	Breite
	D	Durchmesser

FIG 1A

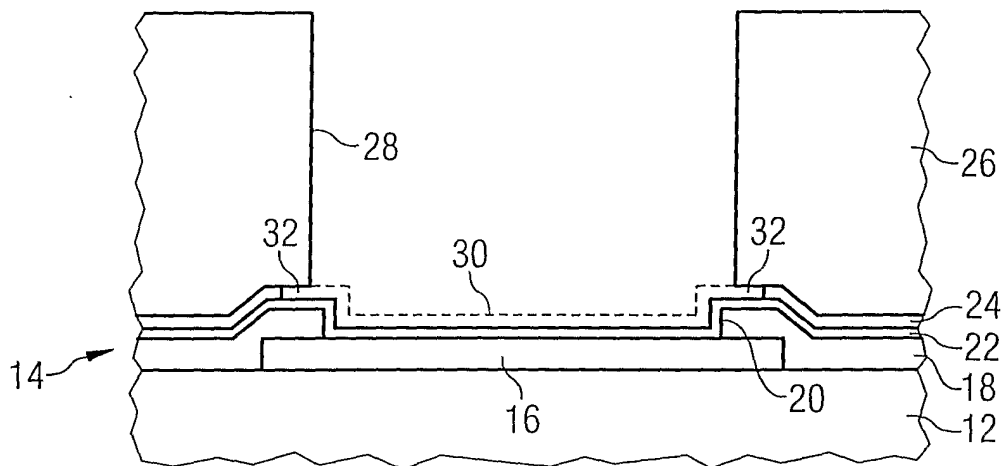


FIG 1B

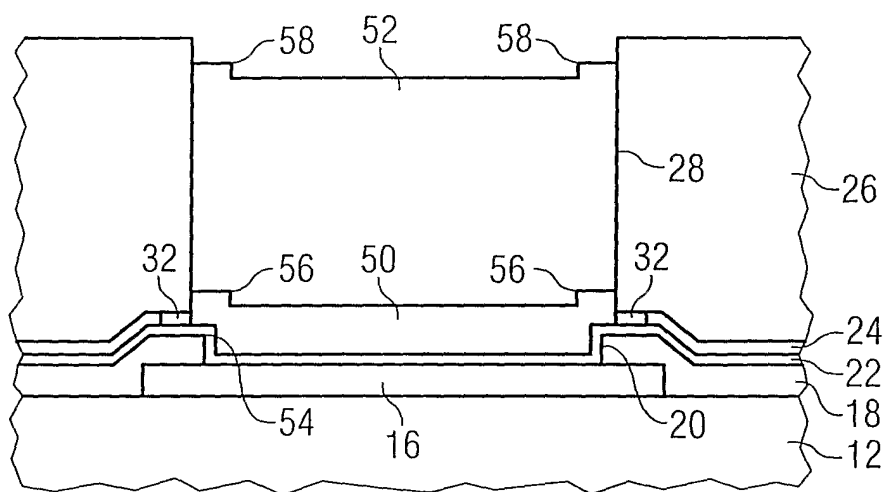


FIG 1C

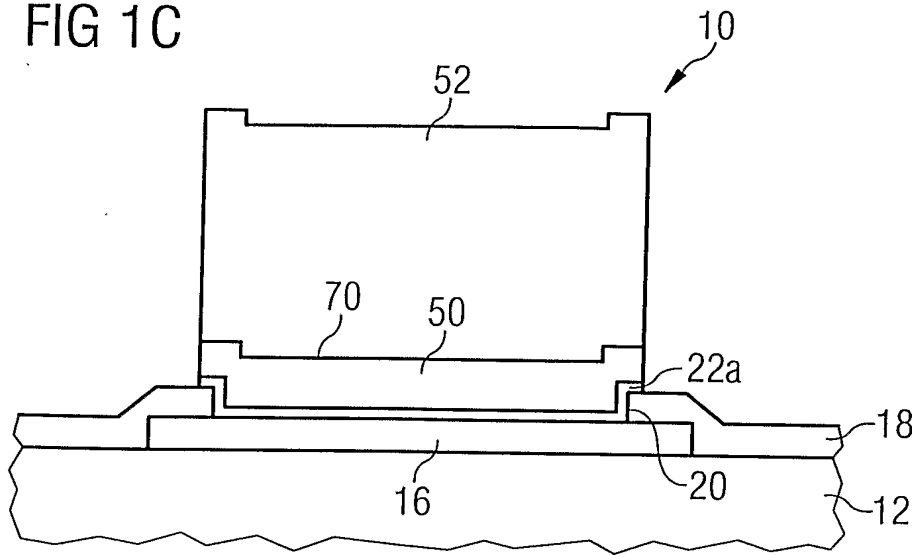


FIG 2

